

области экстремума и учетом дополнительных соображений, обеспечивающих надежность функционирования СТ и другие ее функциональные качества.

Л.Хрилев Л.С., Смирнов И.А. Оптимизация систем теплофикации и централизованного теплоснабжения / Под ред. Е.Я. Соколова. – М.: Энергия, 1978. – 264 с.

Получено 28.04.2000

УДК 697.14.001.24:536.24

Б.А.КУТНИЙ

Полтавський державний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

НЕСТАЦИОНАРНИЙ ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ТРАНСПОРТНОГО ЗАПІЗНЕННЯ

Описується удосконалення методу розрахунку нестационарного теплового режиму водяних систем опалення шляхом урахування транспортного запізнення теплоносія. Метод можна застосовувати при проектуванні й аналізі роботи систем опалення та автоматичного регулювання опалювального навантаження.

Лінійна математична модель системи опалення автоматично враховує транспортне запізнення теплоносія, але потребує значних витрат машинного часу для знаходження температурного режиму [1]. Точкова математична модель системи опалення дозволяє отримувати результат за мінімальний проміжок часу, але не враховує транспортного запізнення [2, 3]. Це знижує точність знаходження середньої температури теплоносія і призводить до неприпустимих помилок при розрахунку температури теплоносія у зворотному трубопроводі системи опалення. В ідеалізованій системі опалення, де відсутні перемішування теплоносія і втрати теплоти в оточуюче середовище, графік температури теплоносія у зворотному трубопроводі ($\tau_{2(z)}$) матиме вигляд, зображений на рис.1 (лінія 1). Звичайно, в реальних системах опалення теплоносій частково перемішується, зокрема за рахунок різної довжини циркуляційних кілець. Тому зміна температури в зворотному трубопроводі системи опалення в умовах відсутності втрат теплоти в навколишнє середовище матиме вид, близький до експоненційної залежності (лінія 2 на рис.1).

Визначимо $\tau_{2(z)}$ як функцію часу й швидкості руху теплоносія в системі опалення за відсутності втрат теплоти в навколишнє середовище. За аналогією із зміною концентрації [4], для точкової моделі системи опалення з урахуванням перемішування теплоносія температуру в зворотному трубопроводі знаходимо з формули

$$\frac{d\tau_{2(z)}}{dz} = \frac{G}{m}(\tau_2 - \tau_{2(z)}), \quad (1)$$

де $\tau_{2(z)}$ – температура теплоносія в зворотному трубопроводі системи опалення, що залежить від часу z ; τ_2 – температура теплоносія в зворотному трубопроводі по закінченні часу транспортного запізнення; G, m – витрати і маса теплоносія у системі опалення.

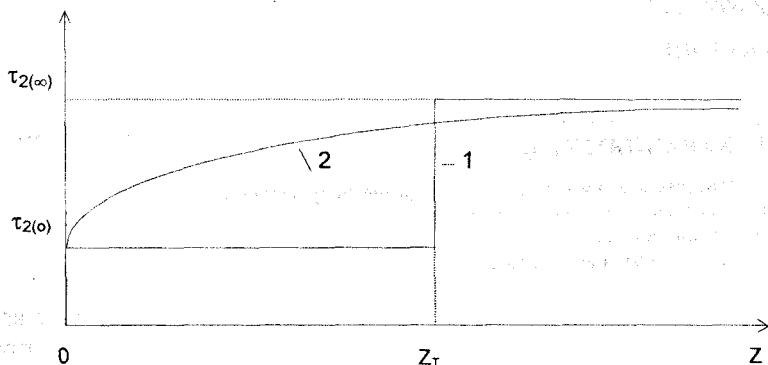


Рис.1 – Моделювання транспортного запізнення в системі опалення, де відсутні втрати теплоти в навколишнє середовище: 1 – лінійна модель без урахування перемішування теплоносія; 2 – точкова модель з урахуванням перемішування теплоносія; z_τ – час транспортного запізнення

У реальній системі опалення величина τ_2 залежить від втрат теплоти крізь стінки трубопроводів і опалювальних приладів системи опалення. Для малотеплоємких систем опалення, в яких критерій Біо менший за 0,1, цю температуру можна знайти за формулою

$$\tau_2 = \tau_{cp(z)} - \frac{KF}{2cG}(\tau_{cp(z)} - t_g), \quad (2)$$

де $\tau_{cp(z)}$ – середня температура теплоносія у системі опалення; K, F – коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія до внутрішнього повітря приміщень і площа поверхні теплообміну системи опалення; c – питома теплоємкість теплоносія.

З урахуванням (2) рівняння (1) набуває вигляду

$$\frac{d\tau_{2(z)}}{dz} = \frac{G}{m} \left(\tau_{cp(z)} - \frac{KF}{2cG}(\tau_{cp(z)} - t_g) - \tau_{2(z)} \right), \quad (3)$$

звідки після нескладних перетворень одержимо:

$$\frac{d\tau_{2(z)}}{dz} 2cm = 2cG(\tau_{cp(z)} - \tau_{2(z)}) - KF(\tau_{cp(z)} - t_g). \quad (4)$$

Отримане рівняння (4) можна розв'язувати лише спільно з рівнянням теплового балансу системи опалення [5]. З урахуванням цього система рівнянь має вигляд

$$\begin{cases} \frac{d\tau_{2(z)}}{dz} 2cm = 2cG(\tau_{cp(z)} - \tau_{2(z)}) - KF(\tau_{cp(z)} - t_g) \\ \frac{d\tau_{cp(z)}}{dz} \sum c_i m_i = cG(\tau_1 - \tau_{2(z)}) - KF(\tau_{cp(z)} - t_g), \end{cases} \quad (5)$$

де c_i , m_i – теплоємність і маса елементів системи опалення; τ_1 – температура теплоносія в подаючому трубопроводі системи опалення.

Для перевірки працездатності розробленої математичної моделі порівняємо розрахунки теплового режиму системи опалення з урахуванням транспортного запізнення і без нього. Як вихідні дані використаємо теплофізичні характеристики системи опалення лабораторного корпусу Полтавської гравіметричної обсерваторії: витрати теплоносія – $G = 0,397$ кг/с; маса води в системі опалення – $m = 1271,7$ кг; теплоємність води – $c = 4187$ Дж/кг⁰С; маса трубопроводів і опалювальних приладів системи опалення – $m_c = 6472,8$ кг; питома теплоємність металевих частин системи опалення – $c_c = 540$ Дж/кг⁰С; коефіцієнт тепловіддачі – $K = 10$ Вт/м²⁰С; площа поверхні системи опалення – $F = 67,2$ м².

Розглянемо режим нагрівання системи опалення після стрибкоподібної зміни температури теплоносія в подаючому трубопроводі системи опалення з 50 ⁰С до 80 ⁰С. У початковий момент часу: $\tau_{cp(0)} = 45$ ⁰С, $\tau_{2(0)} = 40$ ⁰С. При цьому вважатимемо, що на даному проміжку часу температура внутрішнього повітря залишається незмінною $t_g = 20$ ⁰С.

Для одержання результатів розрахунку системи диференціальних рівнянь (4) застосуємо цифровий метод (метод Рунге-Кутта). Результати розрахунків теплового режиму системи опалення з урахуванням транспортного запізнення і без нього наведені на рис.2.

Розрахунки показують, що при врахуванні транспортного запізнення нагрівання системи опалення істотно сповільнюється. При цьо-

му, розрахункова температура в зворотному трубопроводі не виходить за теоретично можливі межі.

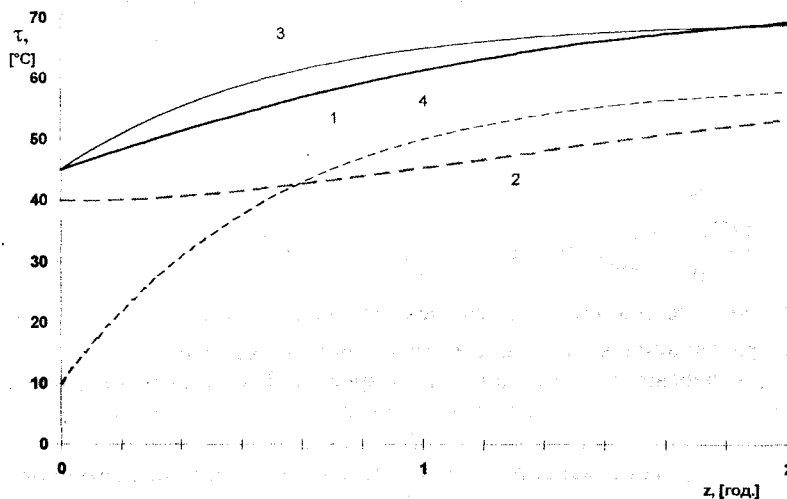


Рис.2 – Результати розрахунку $\tau_{cp}(z)$ і $\tau_2(z)$ при нагріванні системи опалення з урахуванням транспортного запізнення (лінії 1, 2) і без нього (лінії 3, 4)

Таким чином, отримана математична модель дозволяє підвищити точність розрахунку нестационарного теплового режиму в системах опалення. Вона може бути застосована для аналізу й керування тепловим режимом систем опалення і будівель в цілому.

1. Автоматические системы теплоснабжения и отопления / С.А.Чистович, В.К.Аверьянов, Ю.Я.Темпель, С.И.Быков. – Л.: Стройиздат, 1987. – 248 с.

2.Строй А.Ф. Управление тепловым режимом зданий и сооружений. – К.: Вища школа, 1993. – 155 с.

3.Туркин В.П. Водяные системы отопления с автоматическим управлением для жилых и общественных зданий. – М.: Стройиздат, 1976. – 135 с.

4.Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов / М.М. Гримитлин, О.Н. Тимофеева, В.М. Эльтельман и др. – М.: Машиностроение, 1978. – 272 с.

5.Кутний Б.А. Оптимізація двохпозиційного регулювання відпуску теплоти в системах опалення // 36. наук. праць (Галузеве машинобудування, будівництво) / ПДТУ ім. Ю.Кондратюка. Вип.4. – Полтава, 1999. – С.121–126.

Отримано 18.04.2000